



## АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Развитие подвижного состава электрических железных дорог идет по пути увеличения силовых и скоростных характеристик при одновременном снижении их материалоемкости. Вследствие этого возникают проблемы с надежностью дорогостоящего оборудования, установленного на них. Особенно серьезной является проблема надежности установок подачи сжатого воздуха в тормозные устройства железнодорожного транспорта [8, 9].

Во-первых, она связана с суровыми климатическими условиями в Уральском и Сибирском регионах. Во-вторых, новое оборудование требует большего внимания и затрат на проведение текущих ремонтов, что является проблемой в условиях ограниченного финансирования ремонтных предприятий. В-третьих, объем выделяемых средств на ремонт новых электровазозов значительно ниже требуемого для его качественного выполнения.

Рассмотрим обозначенную выше проблему на примере компрессорных установок серий ДЭН и ВВ, установленных на электровазозах 2ЭС6.

Как показали авторы в [1], средний пробег до отказа по компрессорным установкам электровазозов приведенной выше серии за 2012-2013 годы составляет 130 тыс. км. Доля отказов компрессорных агрегатов нового типа на электровазозах 2ЭС6 достаточно велика (рис.1),

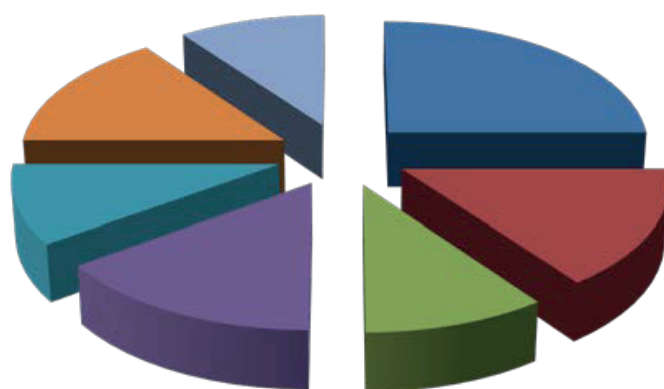
поэтому актуальными являются вопросы повышения их надежности и ремонтпригодности.

Рассматривая работу новых компрессорных агрегатов и проводя наблюдения, авторы отмечают, что старые нерешенные проблемы, которые присутствуют во всех агрегатах трения и связанных со смазывающими веществами также не решены. Анализируя собранные статистические данные, можно отметить, что отказов компрессорных агрегатов типа КТ-6 Эл, на 300 тыс. км пробега устанавливаемых на старых электровазозах серии ВЛ-10 было в два раза меньше [1]. Основные причины этой ситуации рассмотрены в данной статье.

По нашим наблюдениям из ста поставленных на текущий ремонт электровазозов 2ЭС6 «Синара», 40 локомотивов были с записью в бортовом журнале ТУ-152 «задымления в машинном отделении электровазоза при работе компрессорной установки».

Причинами такой неисправности, являются, во-первых, недостаточный уровень масла или вовсе его отсутствие в картере компрессора, а во-вторых – его перегрев. В этих случаях можно предположить, что в шнековом узле компрессора присутствовало масляное голодание, либо вскипание и изменение полезных свойств масла [2]. Из-за того, что компрессорная установка значительное время работает с недостаточным уровнем смазывающего вещества, в устройстве происходят необратимые процессы в местах наибольшего нагрева [7]:

### ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ ОТКАЗОВ ПО ВИДАМ ОБОРУДОВАНИЯ



- компрессорное 25%
- тормозное оборудование 15%
- механическое оборудование 10%
- тяговые двигатели 15%
- вспомогательные машины 10%
- электрическая аппаратура 15%

Рис. 1. Доля отказов компрессорного оборудования

1) выкипание рабочих присадок масла (эффект попадания масла на раскаленную сковороду), присутствие которых и характеризует масло как специальную жидкость для компрессорных установок. Без этих присадок необходимые свойства масла отсутствуют. Данные установки очень чувствительны к составу и номинальному уровню масла в шнековом узле. В [3] отмечено, что происходит при кратковременном отклонении рабочей температуры масла на 10 градусов.

2) также при перегреве происходит разрыв масляной пленки, что неминуемо приводит к так называемому «сухому» трению, которое повреждает рабочую поверхность шнека.

Эти причины приводят к тому, что компрессорный агрегат не подлежит ремонту, поскольку поверхность шнека обрабатывается с высокой точностью. В этом случае требуется замена всего компрессорного агрегата. Еще одной, связанной с изменениями свойств масла причиной выхода из строя установки, является нарушение времени ее рабочего цикла. В руководстве по эксплуатации [4] описан алгоритм работы компрессора, но время одного цикла работы не указано. В нем лишь имеется не совсем понятная фраза «Работа кратковременная циклическая».

Авторы провели эксперимент и измерили температуру сжатого воздуха на выходе (рис.2). В результате получены следующие результаты:

При первом цикле температура за 2 минуты поднимается от 20° до 80° С. Если через 10 минут еще раз включить компрессор на 2 минуты, то температура повышается уже до 95° С. В [3] отмечено, что при такой температуре масло не сохраняет свои смазывающие свойства, а температура воспламенения составляет 110° С. По рекомендации руководства по эксплуатации, в компрессорных установках ДЭН и ВВ нужно использовать масла только марок SHELL CORENA и MOBIL EXTRA. Из технических условий [5, 6] данных смазывающих веществ следует, что эксплуатация в компрессорных установках локомотивов перечисленных выше марок масел практически невозможна.

После нескольких циклов работы компрессора с низким уровнем масла мы получаем:

1) местный перегрев трущихся поверхностей деталей, и тем самым усиливающийся износ наиболее напряженных мест работающего узла;

2) превращение масла в лак, который прилипает к поверхности металла и уже не отво-

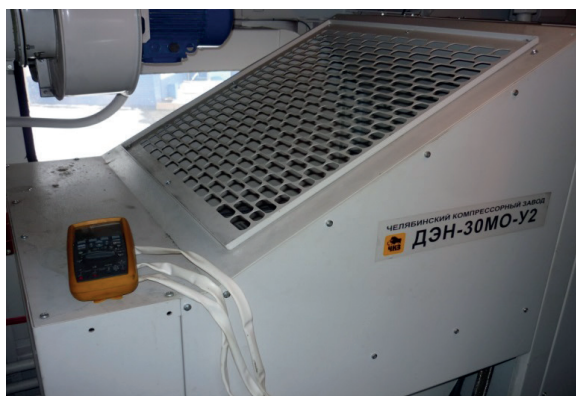


Рис. 2. Замер температуры нагнетаемого воздуха компрессора

дит тепло, а сохраняет его, т.е. полностью теряется смазывающая функция масла.

Рассматривая проблемы технических характеристик масел рекомендованных заводом изготовителем, для надежной работы установок, авторы могут с уверенностью утверждать следующее.

Во-первых, при работе компрессора масло подается под давлением из поддона шнекового блока и превращается в масловоздушную эмульсию, которая служит для образования масляного клина в сопряжениях шнека и отвода тепла от нагретых частей валов шнека. Во-вторых, при этом температура масло-воздушной смеси поднимается до значения (190-210) градусов цельсия, а при нарушении алгоритма работы и выше, что категорически недопустимо. В-третьих, по приведенной выше причине изменяется химический состав масла (интенсивное окисление, выгорание присадок, угар). Поэтому, следующий цикл работы компрессора будет происходить с нарушением норм температурного состояния, поскольку масло с измененным химическим составом не способно своевременно отводить тепло от деталей и создавать необходимый масляный клин. И в последних, при последующих включениях компрессорного агрегата, время нагнетания сжатого воздуха, до номинального давления (9,2 АТМ) увеличивается, в связи с этим еще более нарушается температурный режим работы установки, влекущий за собой дальнейшее увеличение износа компрессора.

В процессе эксплуатации сужаются или закупориваются отверстия для прохода масла, тем самым на шейке опоры создается сухое вращение, а в местах его отсутствия появляется местный наклеп более мягкого металла к более твердому. Например, на подшипниках

скольжения это выглядит так, как будто на поверхности нанесены риски. Тем самым уменьшается площадь опоры вала, и шнековый узел очень быстро выводится из строя (за несколько оборотов). Но этим не заканчиваются проблемы, связанные с маслом для компрессорных установок электровозов 2ЭС6. Известно, что одна из самых важнейших назначений масла в компрессоре - вынос продуктов износа.

В руководстве по эксплуатации [4] неконкретно пишется о периоде замены масла. Насколько оно пригодно для дальнейшего использования после 300 тысяч километров пробега неизвестно, так как химический анализ не проводится. Поскольку стоимость одной компрессорной установки составляет 4 миллиона рублей, стоит задуматься над тем, сколько можно сэкономить на ремонте при правильном подходе к эксплуатации, содержанию и обслуживанию компрессорных установок.

Стоимость масла и полной его замены составляет 30000 рублей, данная статья расхода не включена в смету ремонта, поскольку предприятие руководствуется старой программой, в которой на обслуживание одной компрессорной установки выделяется всего 1000 рублей. Проведена случайная выборка 7 электровозов, поставленных на ремонт (8.10.2015) в «СТМ-Сервис», которая показала, что во всех бортовых журналах ТУ-152 была произведена бригадой эксплуатации одна или несколько записей: «Низкий уровень масла компрессора», «Долить масло в компрессор», «Течь масла компрессора» и т.п.

По утверждению завода – изготовителя, работа дорогостоящей компрессорной установки является достаточно надежной и адаптированной к сибирским и уральским климатическим условиям. Однако, ее эксплуатация в экстремальных климатических и технических условиях показывает существенные недостатки и недоработки.

Многие специалисты рассматривали данную проблему и предлагали свои решения. Завод-изготовитель, поставляя компрессорные установки, учел многие замечания и включил их в особенности алгоритма работы установки. Но авторами были изучены статистические материалы, на основании которых можно с уверенностью утверждать, что уже в первый год (2011) эксплуатации локомотивов 2ЭС6 «Синара» [1], выявлен ряд недостатков и недоработок. Эти недоработки привели к снижению заявленного заводом-изготовителем срока наработки до отказа локомотивов, в том числе по компрессорным установкам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного необходимо внести как в алгоритм работы компрессорной установки, так и в технологический процесс ее обслуживания следующие коррективы и изменения, а именно: ввести статью расходов на обслуживание установки; при проведении глубокого технического обслуживания, необходимо контролировать качество выполненных работ специально созданной службой качества; расходные материалы и запчасти закупать только у надежных поставщиков и при этом организовывать внутренний контроль качества материалов и деталей; необходимо провести технические занятия с локомотивными бригадами по устройству, обслуживанию и правилам эксплуатации компрессорных установок.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гателюк, О. В. Эксплуатационная надежность компрессорных винтовых агрегатов электровозов 2ЭС6 «Синара» [Текст] / О. В. Гателюк, В. Г. Даньшин // Вестник СибАДИ. – 2015. – №2(42). – С. 11–15.
2. Чудновский, А. Л. Моторное масло как важный объект химмотологии [Текст] / А. Л. Чудновский, Б.П.Тонконогов,В.Л.Лашхи//Мирнефтепродуктов. Вестникнефтяныхкомпаний.–2014.–№2.– С. 23–27.
3. Третьяков, К. В. Анализ влияния масляного голодания на работоспособность ДВС [Текст] / К. В. Третьяков, К. А. Бадиков // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Тюмень, 2015. – С. 197-202.
4. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации 2ЭС6.00.000.000 РЭ.
5. «Шелл» в России. – Режим доступа: <http://www.shell.com.ru/Шелл-для-бизнеса/Смазочные-материалы-для-бизнеса/Ассортимент-смазочных-материалов/shell-corena-компрессорные-масла.html> (Дата обращения 09.02.2017).
6. «Mobil». – Режим доступа: <https://www.mobil.com/Russian-RU/Commercial-Vehicle-Lube/pds/GLXXMobil-Agri-Extra-10W40> (Дата обращения 09.02.2017).
7. Гателюк, О. В. Проблемы надежности компрессорных агрегатов электровозов нового



поколения [Текст] / О. В. Гателюк, С. В. Швецов, В. Г. Даньшин / Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Омск, 2014. – С. 19-25.

8. Пат. 106197 Российская Федерация, МПК В 60 Т 17 02, В 60 Т 13 26. Компрессорный агрегат для пневматических систем подвижного состава железнодорожного транспорта

/ Г. П. Дашутин, Г. В. Кирик, П. Е. Жарков, В. И. Ивашов, П. В. Косенко, В. И. Лещенко; № 2010151886/11; дата рег. 17.12.2010.

9. Пат. 106676 Российская Федерация, МПК F 04 В 41 00. Блочный компрессорный агрегат для пневматических систем подвижного состава железнодорожного транспорта / Г. П. Дашутин, Г. В. Кирик, П. Е. Жарков, В. И. Ивашов, П. В. Косенко, В. И. Лещенко; № 2011101703/28; дата рег. 18.01.2011.

### THE IMPACT OF CHANGES TO THE PROPERTIES OF THE OILS ON THE RELIABILITY OF RAILWAY ROLLING STOCK

**Abstract.** *The authors studied a group of compressor units mounted on an updated fleet of electric locomotives. In the work of the authors of the analysis of the causes of decline in the reliability of compressors, the new series electric locomotives 2ЭС-6 «Sinara», compared with similar installations of compressed air on old series locomotives VL-10. It is shown that the major factor in reducing reliability, is changing oiling properties of materials during the operation of the compressor units. It is shown that the main factor reducing the reliability is to change the properties of lubricating materials during the operation of the compressor units.*

**Keywords:** *electric locomotiv, compressor unit, lubricants, comparative reliability, repair costs.*

### REFERENCE

1. Gateljuk O. V., Danshin V. G. Jekspluatacionnaja nadezhnost' kompressornyh vintovyh agregatov jelektrovozov 2JeS6 «SINARA» [Operational reliability of compressor screw units of electric locomotives 2ЭС6 "Sinara"]. Vestnik SibADI, 2015, no. 2 (42), pp. 11-15.

2. Chudnovskij A. L., Tonkonogov B. P., Lashhi V. L. Motornoe maslo kak vazhnyj obekt himmotologii [Engine oil as an important object Chemmotology]. Mir nefteproduktov. Vestnik nefjtjanyh kompanij, 2014, no 2, pp. 23-27.

3. Tret'jakov K. V., Badikov K. A. Analiz vlijanija masljanogo golodanija na rabotosposobnost' DVS [Analysis of the impact of oil starvation on the performance of ICE]. Problemy funkcionirovanija sistem transporta: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh [Problems of functioning of transport systems: proceedings of the international scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists], 2015, pp. 197-202.

4. Jelektrovoz gruzovoj postojannogo toka 2JeS6 s kollektornymi tjagovymi jelektrodvigateljami [Electric truck DC 2ES6 with collector traction motors]. Rukovodstvo po jekspluatácii 2JeC6.00.000.000 RJe [Operating manual 2EC6.00.000.000 ER].

5. «Shell» v Rossii ["Shell" in Russian].

– Rezhim dostupa: <http://www.shell.com.ru/Шелл-для-бизнеса/Смазочные-материалы-для-бизнеса/Ассортимент-смазочных-материалов/shell-corena-компрессорные-масла.html> (Reference date 02.09.2017).

6. «Mobil». – Rezhim dostupa: <https://www.mobil.com/Russian-RU/Commercial-Vehicle-Lube/pds/GLXXMobil-Agri-Extra-10W40> (Reference date 09.02.2017).

7. Gateljuk O. V., Shvecov S. V., Dan'shin V. G. Problemy nadezhnosti kompressornyh agregatov jelektrovozov novogo pokolenija [Problems of reliability of the compressor units of the new generation of electric locomotives]. Jekspluatacionnaja nadezhnost' lokomotivnogo parka i povyshenie jeffektivnosti tjagi poezdov: materialy vtoroj vsrossijskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [The operational reliability of the locomotive fleet and improving the efficiency of train traction: Proceedings of the Second All-Russian scientific conference with international participation], 2014, pp. 19-25.

8. Dashutin G. P., Kirik G. V., Zharkov P. E., Ivashov V. I., Kosenko P. V., Leshhenko V. I. Kompressornyj agregat dlja pnevmaticheskikh sistem podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta [The compressor unit for pneumatic rolling stock railway transport systems]. Patent RF, no 2010151886/11, 2010.

9. Dashutin G. P., Kirik G. V., Zharkov P.

